

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-332279

(43)Date of publication of application : 30.11.1999

(51)Int.Cl.

H02P 6/06

H02P 1/46

H02P 5/00

(21)Application number : 10-152205

(71)Applicant : TOYO ELECTRIC MFG CO LTD

(22)Date of filing : 15.05.1998

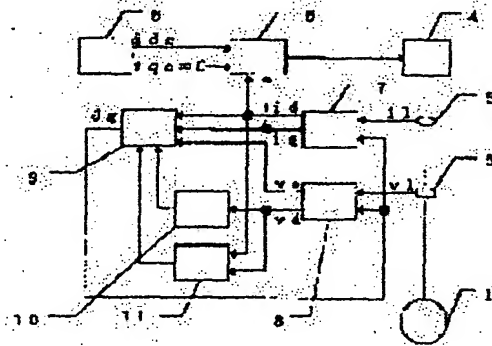
(72)Inventor : HAGIWARA SHIGENORI
OMORI YOICHI

(54) CONTROL DEVICE OF PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable a position estimator to estimate the direction of a permanent magnet even if a phase error is outside a specific angle range, by correcting the direction of the permanent magnet being estimated by dq axis judging equipment and magnetic pole judging equipment.

SOLUTION: Dq axis judging equipment 10 corrects the output of position-judging equipment 9 so that an estimated direction θ_g of a permanent magnet can be advanced or delayed by 90 degrees when the size of the amplitude of d-axis voltage component v_d is larger than a specific value. Also, if the average value of the d-axis voltage component v_d is larger than the average value of the d-axis voltage component v_d when the d-axis current component i_d is negative, the output of the position-estimating equipment 9 is corrected to a value where the estimated direction θ_g of the permanent magnet becomes an advance value, thus estimating the direction of the permanent magnet even if a position error θ_e is outside $-90 \text{ degrees} < \theta_e < 90 \text{ degrees}$.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-332279

(43) 公開日 平成11年(1999)11月30日

(51) Int.Cl.⁶H 0 2 P 6/06
1/46
5/00

識別記号

F I

H 0 2 P 6/00
1/46
5/00

3 3 1 B

R

審査請求 未請求 請求項の数 1 F D (全 5 頁)

(21) 出願番号

特願平10-152205

(22) 出願日

平成10年(1998) 5月15日

(71) 出願人 000003115

東洋電機製造株式会社

東京都中央区京橋2丁目9番2号

(72) 発明者 荻原 茂教

神奈川県大和市上草柳338番地1 東洋電
機製造株式会社技術研究所内

(72) 発明者 大森 洋一

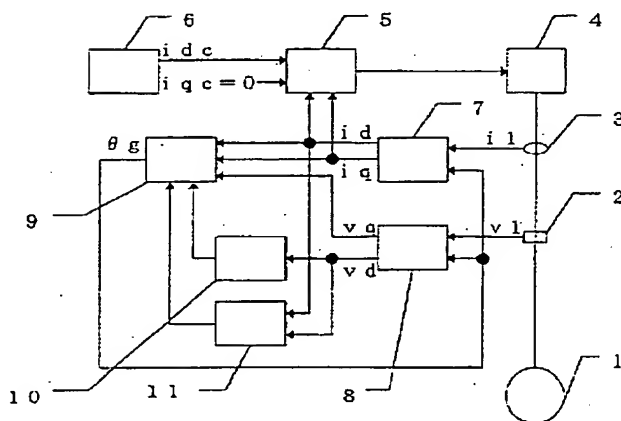
神奈川県大和市上草柳338番地1 東洋電
機製造株式会社技術研究所内

(54) 【発明の名称】 永久磁石形同期電動機の制御装置

(57) 【要約】

【課題】 位置センサなしで永久磁石形同期電動機の停止時の永久磁石の方向を推定する。

【解決手段】 推定された永久磁石形同期電動機の永久磁石の方向に平行な方向の一次電流成分指令を直流成分のない高調波成分のみとし、前記推定された永久磁石の方向に垂直な方向の一次電流成分指令を零として、前記推定された永久磁石の方向に平行な電圧成分のd軸電圧の振幅の大きさが所定値より大きい場合は前記推定された永久磁石の方向を90度進めるかまたは遅らせるように位置推定器を修正するd-q軸判定器と、前記推定された永久磁石の方向と平行な電流成分のd軸電流が正の時の前記d軸電圧の平均値が前記d軸電流が負の時の前記d軸電圧の平均値より大きい場合に前記推定された永久磁石の方向を180度進めた値になるように前記位置推定器を修正する磁極判定器とを具備する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 永久磁石形同期電動機の推定された永久磁石の方向に平行な一次電流の成分に高調波を重畳して、検出された前記永久磁石形同期電動機の一次電流と一次電圧より前記推定された永久磁石の方向を修正できる位置推定器を持つ永久磁石形同期電動機の制御装置において、前記永久磁石形同期電動機の一次電流を、推定された永久磁石の方向に平行な d 軸電流成分及び垂直な q 軸電流成分に分けて出力する電流成分変換器と、前記永久磁石形同期電動機の一次電圧を、推定された永久磁石の方向に平行な d 軸電圧成分及び垂直な q 軸電圧成分に分けて出力する電圧成分変換器と、前記永久磁石形同期電動機が停止した状態で、前記推定された永久磁石に平行な一次電流成分を直流成分のない高調波成分のみとし、前記推定された永久磁石の方向に垂直な方向の一次電流成分を零としたときに前記電圧成分変換器出力の d 軸電圧成分の振幅の大きさが所定値より大きい場合は前記推定された永久磁石の方向を 90 度進めるか 90 度遅らせるように前記位置推定器を修正する d q 軸判定器と、前記 d 軸電流成分が正の時の d 軸電圧成分の平均値が、d 軸電流成分が負の時の d 軸電圧成分の平均値より大きい場合に前記推定された永久磁石の方向を 180 度進めた値になるように前記位置推定器を修正する磁極判定器とを具備することを特徴とする永久磁石形同期電動機の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、位置センサや速度センサを有することなく停止時からの起動を可能にする永久磁石形同期電動機の制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図 2 に従来の技術のブロック線図の一例を示す。図中、1 は永久磁石形同期電動機、2 は永久磁石形同期電動機 1 に印可される一次電圧 v_1 を検出する電圧検出器、3 は永久磁石形同期電動機 1 に流れる一次電流 i_1 を検出する電流検出器、4 は永久磁石形同期電動機 1 に電力を供給する電力変換器である。7 は電流成分変換器であり、電流検出器 3 の出力 i_1 及び推定された永久磁石の方向 θ_g を入力して推定された永久磁石の方向 θ_g に平行な d 軸電流成分 i_d および垂直な q 軸電流成分 i_q を出力する。8 は電圧成分変換器であり、電*

$$\Delta\theta = \theta_g - \theta_{gr}$$

【0008】の位置誤差 $\Delta\theta$ がある場合、d 軸電流成分 i_d と q 軸電流成分 i_q が、

$$i_d = I \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$i_q = 0$$

【0010】に制御されているとすると、一次電流 i_1 の中で実際の永久磁石 ϕ_{gr} の方向 θ_{gr} に平行な d r

* 圧検出器 2 の出力 v_1 及び推定された永久磁石の方向 θ_g を入力して前記推定された永久磁石の方向 θ_g に平行な d 軸電圧成分 v_d 及び垂直な q 軸電圧成分 v_q を出力する。

【0003】6 は、高調波重畳器であり、d 軸電流成分 i_d に重畳する高調波電流の d 軸電流指令 i_{dc} を出力する。電流制御器 5 は、d 軸電流成分 i_d 及び q 軸電流成分 i_q が d 軸電流指令 i_{dc} 及び q 軸電流指令 i_{qc} ($=0$) に追従するような制御信号を電力変換器 4 に出力する。22 は位置推定器であり、d 軸電流成分 i_d 、q 軸電流成分 i_q 及び q 軸電圧成分 v_q を入力して永久磁石の方向 θ_g を出力する。

【0004】位置推定器 22 中 12 は微分器であり、q 軸電流成分 i_q を微分する。13 はインダクタンス分電圧降下演算器であり、微分器 12 の出力と永久磁石の方向に垂直な軸の永久磁石形同期電動機 1 のインダクタンス L_q との積を出力する。14 は抵抗分電圧降下演算器であり、q 軸電流成分 i_q と永久磁石形同期電動機 1 の電機子抵抗 R との積を出力する。15 は加算器であり、インダクタンス分電圧降下演算器 13 の出力と抵抗分電圧降下演算器 14 の出力との和を出力する。16 は減算器であり、加算器 15 の出力と q 軸電圧成分 v_q との差を出力する。17 は微分器であり、減算器 16 の出力を微分する。18 は位置誤差検出器であり、微分器 17 の出力 $d v_q$ と d 軸電流成分 i_d との積 $\Delta\omega$ を出力する。19 は低域通過フィルタであり、位置誤差検出器 18 の出力 $\Delta\omega$ に含まれる直流成分 $\Delta\omega_f$ を出力する。

【0005】20 は比例積分増幅器であり、低域通過フィルタ 19 の出力 $\Delta\omega_f$ を入力して永久磁石形同期電動機 1 の回転速度 ω_g を出力する。21 は積分器であり、回転速度 ω_g を積分して永久磁石の方向 θ_g を出力する。

【0006】以下は、従来の技術について永久磁石形同期電動機の回転速度 ω_g と永久磁石の方向 θ_g との推定原理を説明する。図 3 は永久磁石形同期電動機の実際の永久磁石 ϕ_{gr} の方向 θ_{gr} と推定された永久磁石 ϕ_g の方向 θ_g の関係をベクトルで表したもので、これらの間に

【0007】

【数 1】

(1)

* 【0009】

【数 2】

(2)

(3)

軸電流成分 i_{dr} 及び垂直な q r 軸電流成分 i_{qr} は、
【0011】

【数3】

$$i_{dr} = I \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \cos(\Delta\theta) \quad (4)$$

$$i_{qr} = I \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \sin(\Delta\theta) \quad (5)$$

【0012】で表される。ここで、 I は電流の波高値、 ω は電流の角周波数、 t は時間である。

*式で表される。

【0013】永久磁石形同期電動機の実験方程式は、次*

【数4】

$$v_{dr} = (R + p \cdot L_d) \cdot i_{dr} - \omega_{gr} \cdot L_q \cdot i_{qr} \quad (6)$$

$$v_{qr} = \omega_{gr} \cdot L_d \cdot i_{dr} + (R + p \cdot L_q) \cdot i_{qr} + \omega_{gr} \cdot \phi \quad (7)$$

【0015】ここで、 v_{dr} は一次電圧 v_1 の中で実際の永久磁石 ϕ_{gr} の方向 θ_{gr} に平行な d_r 軸電圧成分、 v_{qr} は一次電圧 v_1 の中で実際の永久磁石 ϕ_{gr} の方向 θ_{gr} に垂直な q_r 軸電圧成分、 p は微分演算子、 L_d は永久磁石形同期電動機のインダクタンスで永久磁石の方向に平行な軸のインダクタンス、 ω_{gr} は永*

※久磁石形同期電動機の実験の回転速度、 ϕ は永久磁石の磁束の大きさである。停止時の d_r 軸電圧成分 v_{dr} と q_r 軸電圧成分 v_{qr} は(4)式、(5)式、(6)式と(7)式より、

【0016】

【数5】

$$v_{dr} = R \cdot I \cdot \cos(\Delta\theta) \cdot \sin(\omega \cdot t) + \omega \cdot L_d \cdot I \cdot \cos(\Delta\theta) \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad (8)$$

$$v_{qr} = R \cdot I \cdot \sin(\Delta\theta) \cdot \sin(\omega \cdot t) + \omega \cdot L_q \cdot I \cdot \sin(\Delta\theta) \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad (9)$$

【0017】となる。従って、推定された永久磁石 ϕ_g の方向 θ_g 及び垂直な q 軸電圧成分 v_q は、(8)式と(9)式により、

★【0018】

【数6】

$$v_q = \frac{1}{2} \cdot \omega \cdot I \cdot (L_q - L_d) \cdot \sin(2 \cdot \Delta\theta) \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad (10)$$

【0019】と表される。

☆で、

【0020】位置誤差検出器18の出力 $\Delta\omega$ は、 d 軸電流成分 i_d と q 軸電圧成分 v_q を微分した値との積なの☆

【0021】

【数7】

$$\Delta\omega = -\left(\frac{\omega \cdot I}{2}\right)^2 \cdot (L_q - L_d) \cdot \sin(2 \cdot \Delta\theta) \cdot \{1 - \cos(2 \cdot \omega \cdot t)\} \quad (11)$$

【0022】と表される。従って、低域通過フィルタ19の出力 $\Delta\omega_f$ である $\Delta\omega$ の直流成分は、

◆【0023】

【数8】

$$\Delta\omega_f = -\left(\frac{\omega \cdot I}{2}\right)^2 \cdot (L_q - L_d) \cdot \sin(2 \cdot \Delta\theta) \quad (12)$$

【0024】となる。 $L_q > L_d$ なので(12)式より $\Delta\theta > 0$ の場合は $\Delta\omega_f < 0$ 、 $\Delta\theta < 0$ の場合は $\Delta\omega_f > 0$ となることが分かる。つまり推定している永久磁石の方向 θ_g が実際の方向 θ_{gr} よりも進んでいる場合は、 $\Delta\omega_f < 0$ となり比例積分増幅器20によって推定された永久磁石形同期電動機の回転速度 ω_g が小さくなるので θ_g の進みが遅くなり実際の方向に一致するようになる。逆の場合も同様である。

【0025】

【発明が解決しようとする課題】(12)式により $\Delta\omega_f$ は $-\sin(2 \cdot \Delta\theta)$ と比例関係にあることから永久磁石の磁束の方向を推定できることを説明したが、それは位置誤差 $\Delta\theta$ が $-90^\circ < \Delta\theta < 90^\circ$ である場合に限られる。すなわち永久磁石形同期電動機が停止している場合等、永久磁石の方向が分からない場合、最初の位置誤差 $\Delta\theta$ が $\pm 90^\circ$ 以上であると推定される永久磁石の磁束の方向 θ_g は $\pm 180^\circ$ の位置誤差 $\Delta\theta$ を持って

50 しまう。

【0026】さらに最初の位置誤差 $\Delta\theta$ が ± 90 度付近の場合、 $\Delta\omega f$ が不安定となり永久磁石の方向を推定できなくなる。本発明は上述した点に鑑みて創案されたもので、その目的とするところは、これらの欠点を解決し、位置誤差 $\Delta\theta$ が -90 度 $<\Delta\theta<90$ 度以外でも永久磁石の方向を推定することができ、さらに位置誤差 $\Delta\theta$ が ± 90 度付近の場合に $\Delta\omega f$ が不安定になることも解消できる永久磁石形同期電動機の制御装置を提供するものである。

【0027】

【課題を解決するための手段】つまり、その目的を達成するための手段は、請求項1に示す如く、永久磁石形同期電動機の推定された永久磁石の方向に平行な一次電流の成分に高調波を重畳して、検出された前記永久磁石形同期電動機の一次電流と一次電圧より前記推定された永久磁石の方向を修正できる位置推定器を持つ永久磁石形同期電動機の制御装置において、前記永久磁石形同期電動機の一次電流を、推定された永久磁石の方向に平行なd軸電流成分及び垂直なq軸電流成分に分けて出力する電流成分変換器と、前記永久磁石形同期電動機の一次電圧を、推定された永久磁石の方向に平行なd軸電圧成分及び垂直なq軸電圧成分に分けて出力する電圧成分変換器と、前記永久磁石形同期電動機が停止した状態で、前記推定された永久磁石に平行な一次電流成分を直流成分のない高調波成分のみとし、前記推定された永久磁石の方向に垂直な方向の一次電流成分を零としたときに前記電圧成分変換器出力のd軸電圧成分の振幅の大きさが所定値より大きい場合は前記推定された永久磁石の方向を90度進めるか90度遅らせるように前記位置推定器を*

*修正するd q軸判定器と、前記d軸電流成分が正の時のd軸電圧成分の平均値が、d軸電流成分が負の時のd軸電圧成分の平均値より大きい場合に前記推定された永久磁石の方向を180度進めた値になるように前記位置推定器を修正する磁極判定器とを具備するものである。

【0028】

【発明の実施の形態】図1に請求項1に対する本発明の一実施例のブロック線図を示し、以下この図に基づいて説明する。なお、図2と同一符号で示す部分は、同一構成、同一機能を有するが、ここではその説明は省略する。図1中、10はd q軸判定器であり、d軸電圧成分v dの振幅の大きさが所定値より大きい場合は推定された永久磁石の方向 θg を90度進めるか遅らせるように位置推定器9の出力を修正する。11は磁極判定器であり、d軸電流成分i dが正の時のd軸電圧成分v dの平均値がd軸電流成分i dが負の時のd軸電圧成分v dの平均値より大きい場合に前記推定された永久磁石の方向 θg を180度進めた値になるように位置推定器9の出力を修正する。位置推定器9は、位置推定器22にd q軸判定器10と磁極判定器11とによる前記推定された永久磁石の方向 θg を修正する機能を加えたものである。

【0029】以下は本発明によって、前記問題点を解決できる理由を説明する。推定された永久磁石 ϕg の方向 θg と平行な成分のd軸電圧成分v dは、(8)式と(9)式により、

【0030】

【数9】

$$v d = I \cdot \sqrt{R^2 + \omega^2 \cdot \{L q \cdot \sin^2(\Delta\theta) + L d \cdot \cos^2(\Delta\theta)\}^2} \cdot \sin \left[\omega \cdot t + \tan^{-1} \frac{\omega \cdot \{L q \cdot \sin^2(\Delta\theta) + L d \cdot \cos^2(\Delta\theta)\}}{R} \right]$$

(13)

【0031】と表される。(13)式よりd軸電圧成分v dの振幅の大きさは、 $L q > L d$ の関係から位置誤差 $\Delta\theta$ が ± 90 度に近づくほど大きくなる。よって、d軸電圧成分v dの振幅の大きさを所定値と比較して、d軸電圧成分v dの振幅の大きさが所定値より大きければ、推定された永久磁石の方向 θg を90度進めるかもしくは遅らせる。

【0032】永久磁石の方向 θg が正しく推定されている場合の永久磁石形同期電動機のインダクタンスL dは、d軸電流成分i dが正ならd軸電流成分i dによる磁束と永久磁石の磁束の方向 θg とが等しくなり、インダクタンスL dが小さくなる。逆に、d軸電流成分i dが負ならd軸電流成分i dによる磁束と永久磁石の磁束の方向 θg とが逆方向となりインダクタンスL dが大き

くなる磁気飽和現象が発生する。よって、永久磁石の方向 θg に180度の位置誤差 $\Delta\theta$ がある場合は、d軸電流成分i dが正ならインダクタンスL dは大きくなり、d軸電流成分i dが負ならインダクタンスL dは小さくなることは明らかである。そこで、d軸電流指令i d c = $I \cdot \sin(\omega \cdot t)$ 、q軸電流指令i q c = 0に制御した時、d軸電流成分i dが正の時のd軸電圧成分v dの平均値とd軸電流成分i dが負の時のd軸電圧成分v dの平均値を比較することで180度の位置誤差 $\Delta\theta$ があるかどうかを判定することができる。

【発明の効果】本発明により、位置センサなしで永久磁石形同期電動機の停止時の永久磁石の方向を推定することが可能になった。

【図面の簡単な説明】

7

8

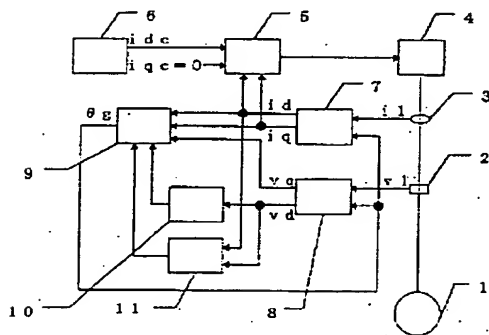
【図 1】本発明の一実施例を表すブロック図である。
 【図 2】従来方式の一実施例を表すブロック図である。
 【図 3】本発明の原理を説明するためのベクトル図である。

【符号の説明】

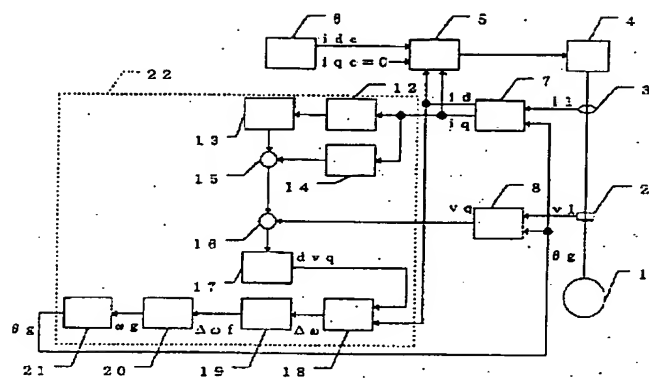
- 1 永久磁石形同期電動機
 2 電圧検出器
 3 電流検出器
 4 電力変換器
 5 電流制御器
 6 高調波重畳器
 7 電流成分変換器
 8 電圧成分変換器
 9 位置推定器

- 10 d q 軸判定器
 11 磁極判定器
 12 微分器
 13 インダクタンス分電圧降下演算器
 14 抵抗分電圧降下演算器
 15 加算器
 16 減算器
 17 微分器
 18 位置誤差検出器
 19 低域通過フィルタ
 20 比例積分増幅器
 21 積分器
 22 位置推定器

【図 1】



【図 2】



【図 3】

